第 33 卷 第 1 期　　昆 虫 学 报　　Vol. 33, No. 1
1990 年 2 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Feb., 1990

不同温度条件下白纹伊蚊生命生殖力表

钟作良　何桂铭
（中山医科大学寄生虫学教研室，广州）

摘要　观察了 20—30℃ 五个不同温度的白纹伊蚊 *Aedes albopictus* Skuse 实验种群生命生殖力表，所得有关种群动态参数的值包括净增殖率 R_0、增殖能力 r_c、内禀增长能力 r_m、周限增长速率 λ，瞬时出生率 b 和瞬时死亡率 d 均与温度呈正相关，而平均世代周期长 T 呈负相关。而且各参数对温度的变化是敏感的。在 m_x 值曲线图中，加用了同龄种群产卵数的百分构成比曲线，该曲线反映了种群中各年龄组雌蚊生殖能力的分布。本文应用 $\nu = \lambda^{x_2 - x_1}$，以 $x_2 - x_1 = e$，计算同龄雌蚊不同温度条件下平均预期寿命天数，一个雌蚊所产生的雌性个体，以 25℃ 条件下的 V 值明显地高于其他四个实验温度。

关键词　白纹伊蚊　生命生殖力表　内禀增长能力　净增殖率

不同温度下昆虫种群动态的研究，农业昆虫方面较多如吴坤君等（1978）研究了棉铃虫不同温度下的种群生命表，在蚊虫方面，胡玉祥等（1986）报告了中华按蚊在不同温度条件下种群动态各项参数，曲传智（1981）报道中华按蚊实验种群在 26℃ 的生命表。柳忠婉等（1985）报告 26℃ 条件下白纹伊蚊实验种群动态。周昌清、林佩卿（1984）也作了不同温度条件下白纹伊蚊 *Aedes albopictus* Skuse 种群动态的研究，但仅见于会议摘要资料，实验方法也有与本文不同之处。

由于白纹伊蚊是我国登革热媒介（陆宝麟，1984），本文根据白纹伊蚊成蚊活动季节曲线，选择了 20—30℃ 范围内 5 个不同实验温度，对白纹伊蚊实验种群动态进行了研究。按刘树生（1986）介绍把生命表分为两类，一类只考虑死亡过程的生命表（life table），另一类是同时考虑出生和死亡两个过程的生命生殖力表（life and fertility table）。不同温度下白纹伊蚊生命表的材料另文发表，本文着重报道白纹伊蚊生命生殖力表的有关各项参数，如涉及从生命表计算结果，本文只作简略提及。

材 料 和 方 法

一、白纹伊蚊株，系广州株，已在本实验室驯化 5 年（崔可伦，1982）。

二、成蚊前期的观察和饲养。卵期发育历期和孵化率的观察，系将 12 小时内产的蚊卵，计数后放入去氯自来水中，每 24 小时观察一次，记录孵出的幼虫数和孵出时间，最后计算卵的平均发育历期和孵化率。

幼虫期的饲养和观察是将刚孵出的 100 条幼虫放入盛有 250 毫升去氯自来水，直径

本文于 1987 年 4 月收到。

15cm 的白磁碗内饲养，每天给予饲料（兔肝粉 3 份、酵母粉 7 份）200mg。观察幼虫龄期发育历期，本实验按 Reisen 和 Siddiqui（1979）方法，每 8 小时将幼虫皮捞出，测量头囊眼间距作为判断幼虫龄期的标准，记录各龄期幼虫头囊数，死亡幼虫数。最后计算各龄幼虫的存活率和发育历期。

每 8 小时把蛹吸出，放入另一盛有去氯自来水的器皿内，记录羽化的雌雄成蚊数和死蛹数，最后计算雌雄的发育历期和存活率。

三、成蚊的存活率和产雌率。把刚羽化的雌雄比例 1:1 的成蚊 100 只放入 $18\times18\times18cm^3$ 的蚊笼内，每天给予 10% 葡萄糖液，并且白天给予叮咬小白鼠 10 小时以上，本文同意 Reisen（1979）等的观点，认为每天供雌蚊吸血，更符合蚊虫产卵后再吸血的习性。蚊笼底部放有潮湿滤纸的培养皿，以供雌蚊产卵，并且每 24 小时取出死亡的成蚊和收集当天产的卵，计数后分别记录。

四、上述实验是在 20±1℃、23±1℃、25±1℃、28±1℃ 和 30±1℃ 五个恒温，相对湿度 70—95% 条件下进行。每日光照期 14 小时。所有实验重复不少于 10 批。

计算用的数学模型

一、编制生命表。各年龄组 x 的存活率 $l_x=\frac{y_x}{y_0}$，y_0 代表羽化第一天的蚊数，y_x 代表 x 日龄的存活蚊数。预期寿命 $e_x=\frac{T_x}{l_x}$，$T_x=\sum_x^{w}L_x$，$L_x=\frac{l_x+l_{(x+1)}}{2}$，$T_x$ 代表超过 x 日龄存活的总和，L_x 为 x 年龄到 $(x+1)$ 年龄的存活率，w 为最后存活的一个年龄组（Deevy，1947）。

二、净增殖率 R_0。$R_0=\sum l_xm_x$ m_x 为 x 年龄组平均每雌蚊产雌数，称为产雌率。假设性比例为 1:1，则 $m_x=\frac{n_x}{2}$，n_x 为 x 年龄组平均每蚊产卵数（Southwood，1978）。

三、平均世代周期长 T。$T\approx\frac{\sum l_xm_xx}{\sum l_xm_x}$

四、内禀增长能力 r_m。根据林昌善(1964)精密计算法，同时按计算内禀增长能力 r_m 的近似值增长能力 r_c，$r_c=\frac{l_nR_0}{T}$（Southwood，1978）。

五、周限增长速率 λ。$\lambda=e^{r_m}$

结 果 和 讨 论

一、温度对生殖力的影响。20℃、23℃、25℃、28℃ 和 30℃ 五个不同温度条件下，白纹伊蚊每雌一生平均产卵数分别为 229.90、365.24、405.05、408.34 和 403.33。从产卵数来看，25℃、28℃ 和 30℃ 三个实验温度条件下的产卵数相差不大，但 20℃、23℃ 和 25℃ 的产卵数则随着温度的上升而增加，经回归系数显著性测验，其 t_b 值有显著性（$p<0.005$）。说明 25—30℃ 温度范围内，白纹伊蚊的生殖力较 23℃、20℃ 时大。如果将不同年龄组的产雌数绘成 m_x 曲线，结果如图 1。就本文 m_x 值曲线而言，与柳忠婉等报道的 26±1℃ m_x 值作比较有不同之处，而且每雌蚊的平均产卵数在 25±1℃ 也比柳忠婉等

(1985) 报道的 120.76 个多 3 倍以上。可能是他们的实验每隔一天才供雌蚊吸血，实际上人为地影响了雌蚊的吸血机会，使产卵数减少，但也不能排除不同地理株所致（图 1）。

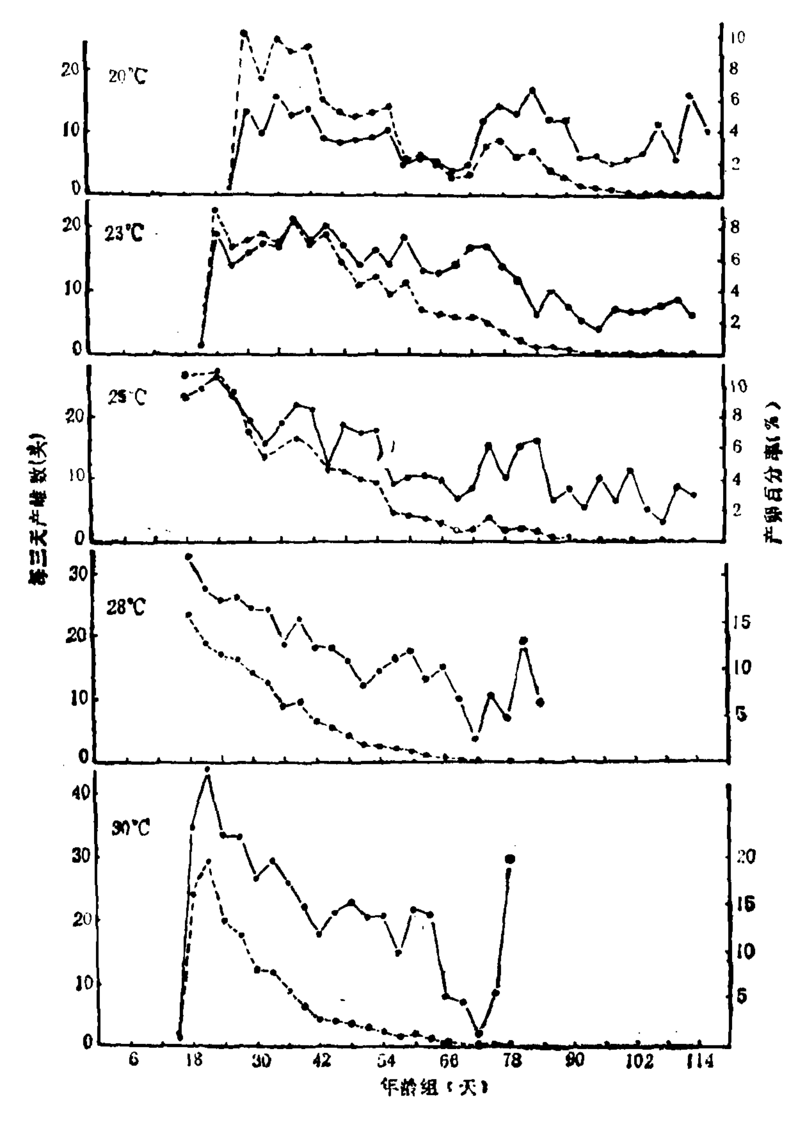


图 1 不同温度下白纹伊蚊每雌蚊产雌数和百分构成比

—•—•—m_x —•—•—•—百分率

在图 1 m_x 值曲线图中，虽然 m_x 曲线反映了不同温度下种群中不同年龄组的平均每雌蚊的生殖能力，但曲线的后段可由于实验后期少数残存雌蚊生育力的个体差异，使这些年龄组的 m_x 值增大，本来已经逐渐下降的曲线又上升（图 1 20℃、28℃、30℃ 的 m_x 值曲线）。其实这一年龄组的 m_x 值虽然上升，但剩余的蚊数极少，在统计学上的样本数太小，失去代表性。然而又容易产生对这些年龄组雌蚊生殖能力高的错觉。因此，本文应用各年龄组产卵数百分比构成曲线，以显示在同龄种群（cohort population）各年龄组的产

卵数占总产卵的百分比，有利于了解白纹伊蚊种群中不同年龄组的产卵特点，但不能反映个体平均生殖力的大小。两条曲线同时存在，可能既有助于了解白纹伊蚊实验种群的生育力特征，又能反映各年龄组个体平均生育力，从图 1 可以看出，在实验种群中，白纹伊蚊

表 1　不同温度下白纹伊蚊净增殖率计算值

代表性年龄	20℃	23℃	25℃	28℃	30℃
1.5					
4.5					
7.5					
10.5					
13.5					
16.5					0.3100
19.5			16.9599	26.1864	27.8060
22.5		1.0362	16.8859	20.7756	33.7273
25.5		12.3102	17.1478	19.1312	23.0538
28.5	0.5421	8.8404	14.5871	18.2817	20.1702
31.5	7.5456	9.5776	11.2092	15.9298	14.3618
34.5	5.0508	9.9369	8.4611	14.3898	14.0457
37.5	8.1851	9.0219	9.3667	10.0457	10.0664
40.5	6.3348	11.3112	10.4213	10.8986	7.7440
43.5	6.5213	8.9578	9.4633	7.4214	4.8544
46.5	4.0976	10.0328	4.6979	6.4882	4.7233
49.5	3.5805	7.5816	7.2056	4.9106	4.1430
52.5	3.4804	5.7926	6.1490	2.9228	3.2318
55.5	3.6023	6.3545	5.9531	3.1113	2.5905
58.5	3.9199	4.9194	2.8185	2.8792	1.6028
61.5	1.5212	5.8253	2.6737	2.3535	1.9259
64.5	1.8572	3.9350	2.3366	1.3069	1.4053
67.5	1.5007	3.3362	1.9409	1.0713	0.3587
70.5	0.8077	3.0887	1.1723	0.5250	0.2056
73.5	0.9571	3.1407	1.2415	0.1353	0.0321
76.5	2.2331	2.6890	1.8724	0.2748	0.1098
79.5	2.3084	1.8158	1.1682	0.1086	0.1798
82.5	1.8284	1.2853	1.4675	0.2225	
85.5	1.9710	0.5254	1.2692	0.0494	
88.5	1.1341	0.6456	0.3984		
91.5	0.9246	0.3167	0.4224		
94.5	0.3334	0.1482	0.2341		
97.5	0.3531	0.0761	0.3655		
100.5	0.2375	0.0476	0.1716		
103.5	0.1698	0.0377	0.1616		
106.5	0.1643	0.0392	0.0369		
109.5	0.1240	0.0315	0.0189		
112.5	0.0584	0.0371	0.0218		
115.5	0.1090	0.0259	0.0188		
118.5	0.0429				
$\sum l_x m_x (R_0)$	71.4963	132.7201	158.3187	169.4196	176.6482

在它的生命初期大量产卵，以后随着年龄的增加产卵数逐渐减少。但不同温度下产卵曲线又有各自的特征，25℃、28℃和30℃的 m_x 值曲线和百分比构成曲线综合起来观察，显示出开始产卵后即出现高峰，随后下降的趋势随温度的上升而更加明显；而20℃和23℃的曲线显示出，高峰维持相同水平一段时间后才逐渐下降，特别是20℃时温度较低，蚊虫的吸血，胃血消化，卵巢发育和产卵过程都受到影响，产生较大的个体差异。生殖营养周环也比其他温度长(钟作良、何桂铭，1988)。

二、净增殖率。如表1。可以看出，净增殖率 R_0 值随温度的上升而增大。回归系数显著性测验也表明其 t_b 值有显著性 ($p < 0.025$)，但世代平均周期长 T 值则随温度的上升而缩短，呈负相关，其回归系数 t_b 值也有显著性 ($p < 0.01$)。由于 R_0 值和 T 值均受存活率和每雌产雌率的影响，本文各温度的 R_0 值和 T 值均高于周昌清、林佩卿(1984)报告的数字，可能是他们用雌蚊吸血三次后的产卵量推算出种群参数。而本文是实验观察全过程，每日均供小白鼠给雌蚊吸血，直至全部雌蚊死亡。

三、温度对内禀增长能力 r_m 的影响。表2为不同温度下内禀增长能力 r_m 值及 λ 值等有关参数。表3为温度变化与种群动态各参数的关系。胡玉祥等(1986)报告中华按蚊实验种群的各项参数中，以周限增长速率 λ 为最敏感。但本文实验种群动态各项参数的

表2 不同温度实验种群动态参数

	20℃	23℃	25℃	28℃	30℃
净增殖率 R_0	71.4963	132.7201	158.3187	169.4196	176.6482
平均世代周期长 T	51.9975	46.1426	38.2067	32.8534	30.6426
增长能力 r_c	0.0821	0.1059	0.1326	0.1562	0.1689
内禀增长能力 r_m	0.1006	0.1361	0.1858	0.1997	0.2085
周限增长速率 λ	1.1058	1.1458	1.2042	1.2210	1.2318
瞬时出生率 b	0.4381	0.5581	0.7641	0.8017	0.8579
瞬时死亡率 d	0.3375	0.4220	0.5783	0.6020	0.6494

表3 温度变化与种群动态参数关系的显著性测定

参 数	相关系数 r	回归系数 b	t_b 显著性
内禀增长能力 r_m	0.9582	0.011248	$p<0.025$
增长能力 r_c	0.9947	0.008940	$p<0.001$
净增殖率 R_0	0.9274	9.982170	$p<0.025$
平均世代周期长 T	−0.9858	−2.240860	$p<0.010$
周限增长速率 λ	0.9599	0.013110	$p<0.050$

表4 不同温度平均预期寿命(天数)种群增殖倍数(ν 值)

温度(℃)	内禀增长能力	周限增长速率	平均预期寿命*	ν 值
20	0.1006	1.1058	41.4484	64.6137
23	0.1361	1.1458	38.0856	178.3178
25	0.1858	1.2042	35.6012	746.3934
28	0.1997	1.2210	29.3662	351.9731
30	0.2085	1.2318	26.0987	230.6649

* 平均预期寿命是作者实验数据(钟作良、何桂铭，1988)

回归系数显著性测验，t_b 值表示各项参数均有显著性。加上各项参数与温度的相关系数 r 值都看不出 λ 对温度的变化最敏感。

为了解在不同温度条件下，一个雌蚊个体经过其预期平均寿命的天数可产生的雌性个体数，本文应用刘树生（1986）介绍的公式 $\nu = \lambda^{x_2-x_1}$。x_2、x_1 为两个年龄距间，ν 代表 x_1 时一个雌性后代相当于 x_2 时雌性后代的个数。本文五个实验温度下白纹伊蚊成蚊预期寿命作为（x_2-x_1）的年龄间距差，其各温度的 ν 值列如表 4，可以看出 25℃ 的 ν 值远高于其他各个温度。

计算公式表明，ν 值是由 r_m 计算出的 λ 值，与 x_1、x_2 的年龄区间决定的，无论 r_m 还是 λ 都随温度的上升而增加，而平均预期寿命 e_x 值则随温度的上升而缩短。本文计算实际上是 $\nu = \lambda^{e_x}$，因而得出在 20—30℃ 的范围内，可能提示白纹伊蚊在其平均预期寿命的天数内，25℃ 时一个个体产生的雌性个体最多，适宜于种群数量的增殖。

参　考　文　献

刘树生　1986　昆虫生命表制作与分析中的几个问题。昆虫知识 **23**(1)：41—6。

林昌善　1964　动物种群数量变动的理论与试验研究 Ⅱ 杂拟谷盗 *Tribolium confusum* (H) 的内禀增长能力 (r_m) 的研究。动物学报 **16**(3)：323—37。

曲传智　1981　郑州地区中华按蚊种群动力学的实验研究。河南医学院学报　**16**(4)：54—60。

陆宝麟　1984　蚊虫综合防制。科学出版社。

吴坤君等　1978　不同温度下的棉铃虫实验种群生命表。昆虫学报 **21**(4)：385—91。

胡玉祥等　1986　不同温度对中华按蚊增殖能力的实验研究。寄生虫学与寄生虫病杂志 **4**(1)：53—4。

柳忠婉等　1985　白纹伊蚊实验种群动态的研究。昆虫学报 **28**(3)：274—80。

钟作良、何桂铭　1987　白纹伊蚊生育力，孵化率及生殖营养周期。广东寄生虫学会年报　**8—9**：17—9。

崔可伦　1982　广州地区白纹伊蚊的自育性。昆虫学报 **25**(3)：256—9。

Deevy E. S. 1947 Life table of natural populations of animals. *Quart. Rev. Biol.* **22**: 283—314.

Reisen W. k. & Siddiqui T. F. 1979 Horizontal and vertical estimates immature survivoship for *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) in Pakistan. *Jour. Med. Ent.* **16**: 207—18.

Reisen W. K. *et al* 1979 Geographical variation among the life table characteristics of *Culex tritaeniorhynchus* from Asia. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **72**: 700—9.

Southwood T. R. E. 1978 The construction and analysis of age specific life tables. Ecological Methods. 2nd ed. M. Methuem & Co. Ltd. Londom.

THE LIFE AND FERTILITY TABLE OF *AEDES ALBOPICTUS* UNDER DIFFERENT TEMPERATURES

ZHONG ZUO-LIANG HE GUI-MING

(*Department of Parasitology, Sun Yat-sen University of Medical Sciences, Guangzhou*)

This paper presents the results of studies on the life and fertility table of *Aedes albopictus* under different constant temperatures in the laboratory. The respective parameters relevant to population dynamics under 20±1°C, 23±1°C, 25±1°C, 28±1°C and 30±1°C are as follows: net reproductive rate (R_0): 71.4963, 132.7201, 158.3178, 169.4196 and 176.6482; generation time (T): 51.9975, 46.1426, 38.2067, 32.8534 and 30.6426; capacity of increase (r_c): 0.0821, 0.1059, 0.1326, 0.1562 and 0.1689; innate capacity for increase (r_m): 0.1006, 0.1361, 0.1858, 0.1997 and 0.2085; and finite rate of increase (λ): 1.1058, 1.1458, 1.2042, 1.2210 and 1.2318. All of these parameters are closely correlated with the increase of temperature, indicating significantly the sensitivity of this species to the change of temperature. In addition to the m_x curves of females, the curves of percentages of total number of eggs laid in different age were also plotted, which ccould reflect the fecundity of cohort population, and avoid misunderstanding the few residual females with individual differences of fecundity that result in a pesk of m_x curve. From the equation $\nu=\lambda^{(x_2-x_1)}$, suppose $(x_2-x_1)=e_x$ of each temperature, ν values of different temperatures are 64.6137, 178.3178, 746.3934, 351.9731 and 230.6649 respectively, suggesting that at 25±1°C one female produces the largest number of progeny in the days of life of expectancy.

Key words *Aedes albopictus*——life and fertility table——innate capacity for increase——net reproductive rate